

系集 2.0 實驗平台簡介

黃麗蓉、林冠伶、王潔如、陳奕如、朱容練、林欣弘、于宜強

國家災害防救科技中心 氣象組

摘要

近年來由於電腦計算能力大幅提升，系集預報技術被廣泛運用於數值天氣預報，以降低天氣預報的不確定性。國家災害防救科技中心(以下簡稱災防科技中心)的系集系統，目前已持續作業兩年，是提供防災情資的穩定預警系統。然而從過去的作業結果顯示，系集系統仍有再精進與調整的空間。災防科技中心透過增加不同的初始條件、資料同化方式、物理參數化組合，並使用福衛七號掩星資料與 MPAS 全球模式的預報條件，重新建構了 19 組成員的新版系集系統，並結合系集雨量校驗系統，建立「系集 2.0 實驗平台」。此平台針對強降雨事件進行系集雨量的校驗評估，利用參數化敏感度模擬實驗，探究該事件最佳的模擬策略，累積強降雨模擬知識庫，持續優化系集系統。

一、 前言

由數值天氣模擬所提供的定量降雨資訊，是防災單位進行災害情境推估的主要情資來源之一。但由單一模式的模擬結果，並無法完全掌握天氣的實際狀況，同時由於電腦計算能力在近年來大幅提升，使得系集模擬技術被廣泛使用於數值天氣預報。因此，氣象單位透過發展系集預報技術，以期降低天氣預報之不確定性，而防災單位亦能利用多組定量降雨模擬的結果，推估不同降雨情境可能造成的災害風險。

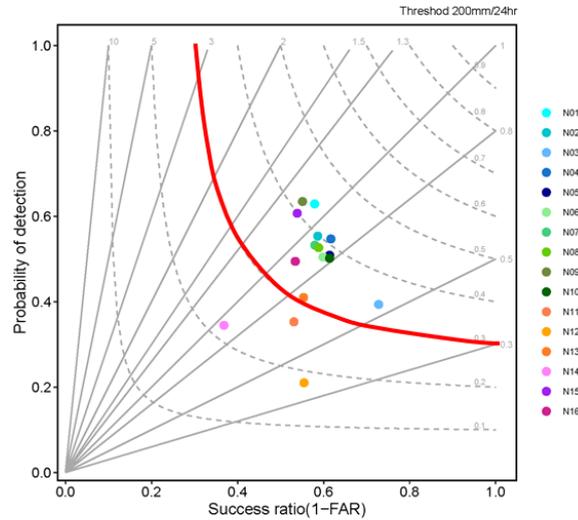
國家災害防救科技中心(以下簡稱災防科技中心)的系集預警系統，在過去兩年間持續穩定的作業，妥善率達 90% 以上。然而，為了因應未來防災預警需求的提升，仍可調整並精進此系集系統，以強化災害應變資訊的提供。

二、 系集系統改版與系集雨量校驗系統建置

黃等(2021)分析 2019 年極端降雨事件(國家災害防救科技中心，2020)系集模擬的校驗結果顯示，災防科技中心系集模式對極端降雨訊號的掌握能力良好，尤其是颱風事件。在豪雨門檻值(200mm/day)，各成員在模擬 0-24 小時的預兆得分(Threat Score, TS)皆大於 0.3。但進一步比較系集成員的離散度與系集平均的均方根誤差(RMSE)的結果顯示，系集系統降雨模擬的離散度不足(圖 1b)，顯見此系集系統仍有精進的空間。因此，針對颱風、梅雨等強降雨事件模擬進行研究回

顧，利用不同的初始條件、資料同化技術與物理參數化組合，在有限的計算資源下重新建構了 19 組系集成員的新版系集系統(表 1)。

(a)



(b)

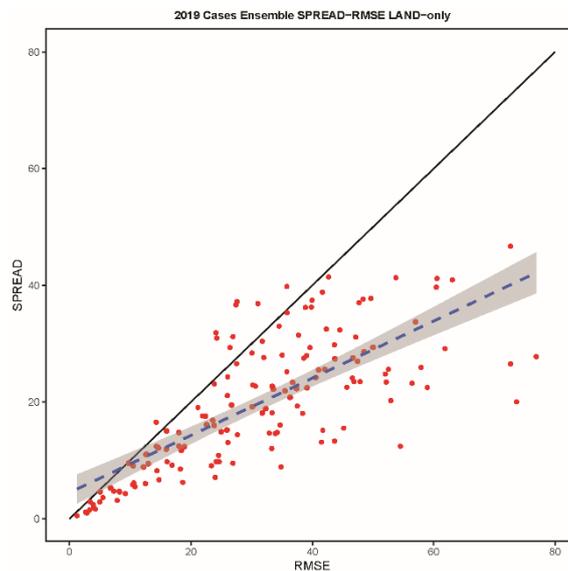


圖 1 (a)系集成員在 2019 年颱風事件的 0-24 小時降雨預報之性能圖，降雨門檻值為 200mm/day，(b)2019 年極端降雨事件 0-24 小時降雨預報，系集離散度(SPREAD)與系集平均之方均根誤差(RMSE)的散佈圖。

表 1 新版系集成員預報系統模式設定。

初始資料	資料同化	邊界層參數化	雲微物理參數化	積雲參數化
GFS	NODA	YSU	WSM5	KF
MPAS	cold start	YSU	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
		MYJ	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
GFS	Partial cycle	YSU	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
		MYJ	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
GFS	cold start	YSU	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF
		MYJ	Goddard	KF
			WSM5	KF
			Ferrier	KF

除了系集系統的調整，災防科技中心亦建置系集雨量校驗系統，期望透過系統性的校驗與分析，評估系集系統的效能，進一步藉此進行模式與產品的優化。災防科技中心建置的系集雨量校驗分析系統包含了：相關性分析、列聯表技術得分分析、鄰域技術得分分析及多重分類法分析。其中，為提供使用者快速了解整體雨量預報表現，排除傳統二分法需針對單一雨量門檻值進行表現評估，開發多重分類法(圖 2)，將各雨量門檻值預兆得分加總，計算預報 0-24 小時、24-48 小時、48-72 小時之雨量預報表現，得分最高成員與大於平均成員分別

以紅色與藍色標示，使用者可快速了解系集成員模擬結果。如對於特定成員之校驗得分有時序分析需求，可直接點選成員，各時序得分將呈現於下方。

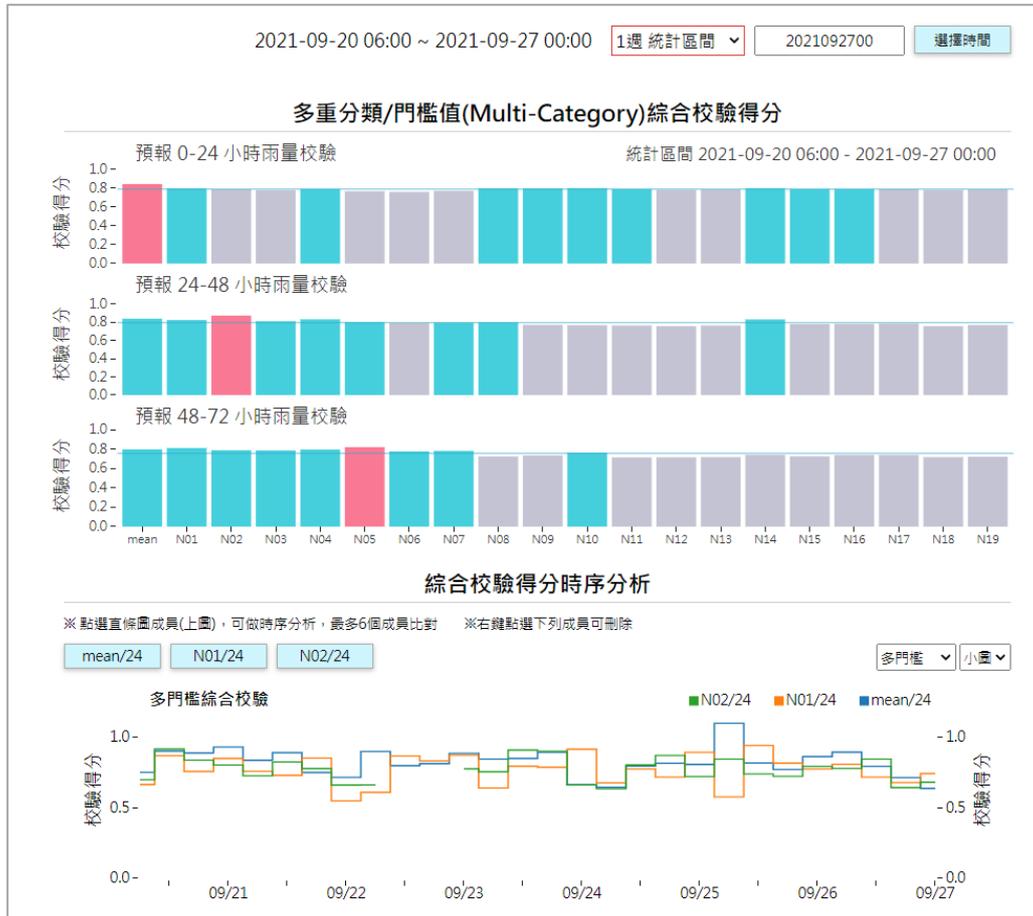


圖 2 天氣與氣候監測網之多重分類法校驗結果展示圖，得分最高成員直方圖為紅色，大於平均成員為藍色，小於平均成員為灰色。

此外，系集雨量校驗分析系統亦提供性能圖(Performance Diagram)與泰勒圖(Taylor Diagram)(圖 3)供使用者參考。性能圖之縱軸為偵測率(POD)，橫軸為成功預報率(SR)，曲線為預兆得分(TS)，如成員越接

近圖表的右上角，代表模擬能力越佳；泰勒圖則包含相關係數、均方根誤差與標準差，如成員越接近中心下方標準差為 1 之點，則代表模式模擬結果與觀測越相近。

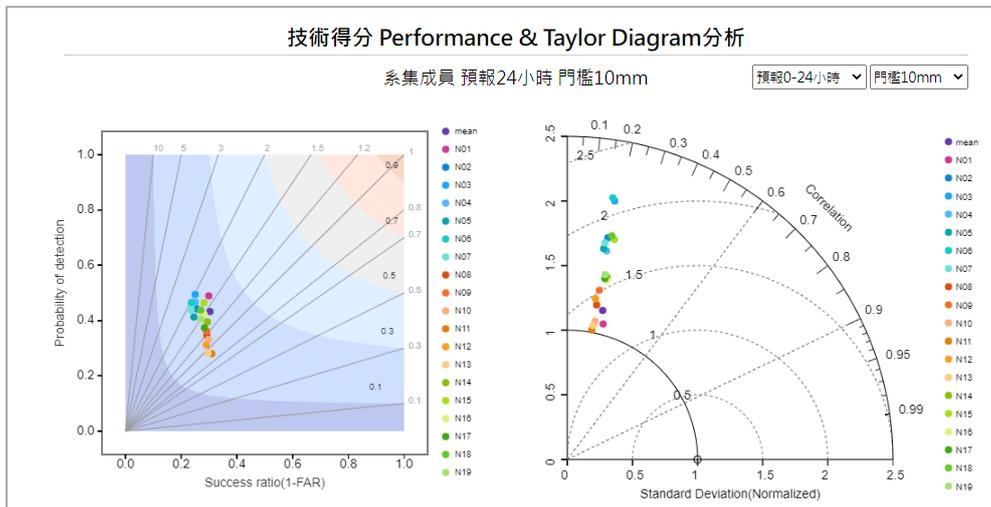


圖 3 系集雨量技術得分展示圖，性能圖(左)與泰勒圖(右)。

系集雨量校驗系統已於 2021 年第二季上線作業，每日定時針對系集成員的定量降雨模擬結果進行校驗分析，結果展示於「天氣與氣候監測網」(https://watch.ncdr.nat.gov.tw/watch_verify_ensrain)，提供使用者與產品開發者參考使用。

三、系集 2.0 實驗平台建置與測試

防災科技中心透過更新系集系統與建置系集雨量校驗分析系統，進一步將兩者結合並建置「系集 2.0 實驗平台」。主要目的是期望利用校驗系統對系集雨量的模擬結果進行校驗分析，透過校驗結果設計並執行敏感度實驗，進而利用實驗結果調整系集成員設定。圖 4 是「系

集 2.0 實驗平台」的架構圖，首先利用校驗系統針對強降雨事件，評估系集成員降雨模擬的表現，選定較佳的模擬策略；其次，根據選定模擬策略設計並啟動敏感度實驗，了解最佳模擬策略與降雨機制，並將結果累積於強降雨模擬知識庫，以持續優化系集系統。



圖 4 系集 2.0 實驗平台架構圖。

2021 年的第一道梅雨鋒面在 5 月底影響台灣，彰化、雲林、嘉義及台南部分地區因為短時間的集中降雨而出現淹水災情，系集 2.0 實驗平台即以此個案進行首次的敏感度實驗。

由 5 月 30 日的全台累積降雨分布圖顯示(圖 5a)，當日主要降雨出現在中南部的沿海地區，亦為淹水災情出現的地區。而 5 月 30 日淹水災情出現的時間，可大致分為上午及下午至傍晚兩個時間點；上午的災情主要出現在彰化地區，而下午至傍晚的災情則集中在雲林、嘉義及台南地區，圖 5(b)的雨量時序圖亦顯示在彰化及嘉義地區分別

在此兩個時段出現較大的時雨量。

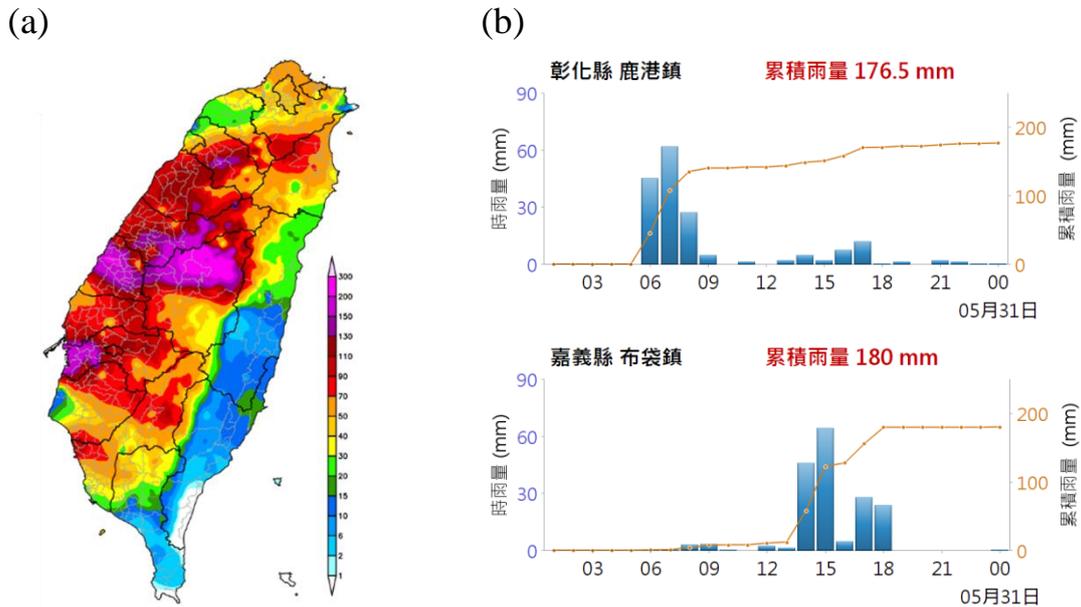
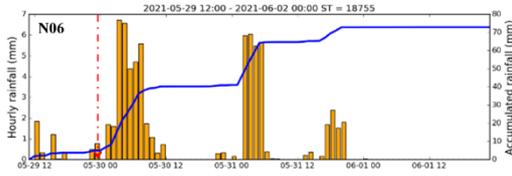


圖 5 2021 年 5 月 30 日(a)全台累積降雨分布圖，(b) 彰化縣鹿港鎮及嘉義縣布袋鎮之雨量時序圖。(資料來源：中央氣象局)

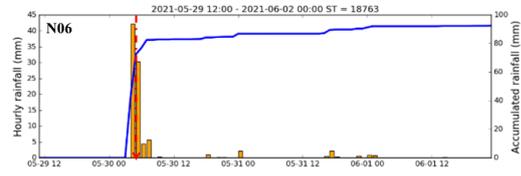
分析系集系統所有成員在災點的時雨量模擬結果顯示，以最接近水災發生時間點的初始時間(2021/0529/12z)的模擬結果，較能掌握在中南部沿海地區的短延時強降雨。分析成員參數化組合，發現採用邊界層參數化為 MYJ、雲微物理參數化為 WSM5 的冷啟動(cold start)成員，同時未採用資料同化之成員(YSU+WSM5)的模擬雨量時序列與實際觀測集淹水發生時間較為接近(圖 6)。此外，亦利用校驗系統中的相關係數、均方根誤差及列聯表技術得分，分析所有成員之 24 小時預報累積雨量在梅雨鋒面影響期間的表現，並將結果進行排名，得到

的結果與上述分析結果一致。

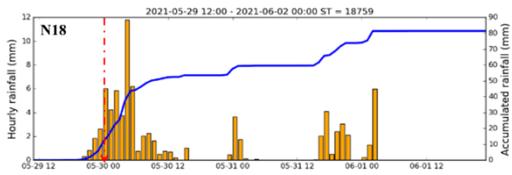
彰化縣鹿港鎮



嘉義縣布袋鎮



彰化縣和美鎮



台南市學甲區

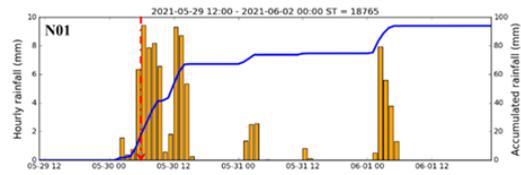


圖 6 系集成員在災點的模擬雨量時序圖，紅色虛線箭頭代表水災發生時間，模擬初始時間為 2021/0529/12z。

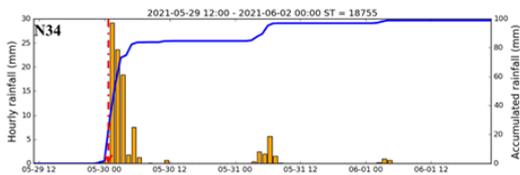
透過災點的時雨量序列與校驗得分的排名分析，確認表現較佳的成員的模擬策略設定，進行不同的積雲參數化敏感度實驗。同時參考過去梅雨相關論文設計了如表 2 的實驗設定。依照此設定進行 2021052900z~2021053118z 共 12 個初始時間的 72 組敏感度實驗。分析災點實驗模擬雨量時序列結果顯示(圖 7)，以無資料同化(NODA)成員中，邊界層參數化為 YSU，積雲參數化為 Grell 的成員，其模擬雨量時序列與水災發生時間點最為接近。而利用相關係數、均方根誤差及列聯表技術得分，分析實驗成員之 24 小時預報累積雨量的表現結果顯示，積雲參數化為 Grell 的成員，不論其為何種邊界層參數化，表現均較其他成員好。

透過系集實驗平台的測試，了解 2021 年 5 月 31 日梅雨事件，以雲微物理參數化為 WSM5、積雲參數化為 Grell 的模擬結果，較能有效掌握災點降雨的情況。可進一步了解降雨機制，並探討是否適合其他梅雨季強降雨的模擬策略。

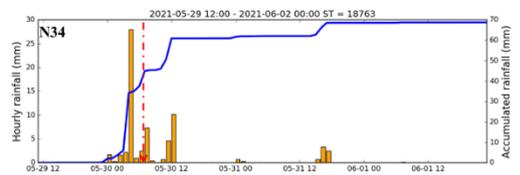
表 2 系集敏感度實驗設定。

資料同化	邊界層參數化	雲微物理參數化	積雲參數化
NODA	YSU	WSM5	BMJ
			Grell
			GD
cold start	MYJ		BMJ
			Grell
			GD

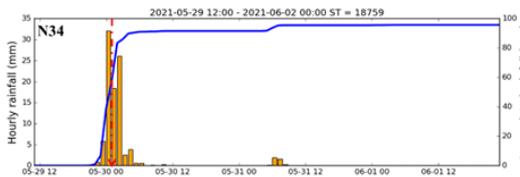
彰化縣鹿港鎮



嘉義縣布袋鎮



彰化縣和美鎮



台南市學甲區

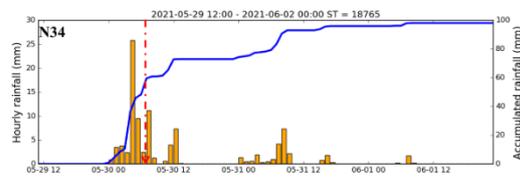


圖 7 系集敏感度實驗成員在災點的預報雨量時序圖，紅色虛線箭

頭代表水災發生時間。

四、 總結

災防科技中心透過不同的初始條件、資料同化技術與物理參數化組合，重新建構了 19 組成員的新版系集系統，同時結合校驗系統，建立「系集 2.0 實驗平台」。並針對 2021 年 5 月的梅雨鋒面進行完整的敏感度實驗，從水災發生地區的系集雨量模擬評估出發，到各項校驗得分的排名計算，進一步確立敏感度實驗的成員設定。而實驗的評估結果，則回饋累積於強降雨模擬知識庫，做為後續精進系集系統的基礎。

「系集 2.0 實驗平台」包含了五個元素：1.模擬策略的制定、2.校驗系統的評估機制、3.穩定的敏感度實驗平台、4.強降雨模擬知識的累積與 5.可持續優化的系集預報系統；透過此架構所建立的系集 2.0 實驗平台，可利用對現有產品的評估，研擬改善策略並啟動敏感度實驗，進一步藉由知識的累積優化系集系統。而除了 2021 年梅雨事件的敏感度實驗之外，亦針對 2013 年蘇力及 2015 年蘇迪勒等兩個因強風在台灣地區造成災情的颱風個案進行模擬實驗。未來仍將持續針對不同個案進行敏感度實驗，期望藉由系集 2.0 實驗平台的運作，逐步強化系集系統所提供的防災預警資訊。

參考文獻

1. 王潔如、黃麗蓉、林冠伶、江宙君、陳御群、朱容練及于宜強，
2020：系集定量降雨於極端事件之應用與分析。天氣分析與預報
研討會。
2. 黃紹欽、黃柏誠、王安翔、吳宜昭與于宜強，2020：2019 臺灣極
端氣候與天氣事件回顧與分析。國家災害防救科技中心。
3. 黃麗蓉、王潔如、林冠伶、朱容練、江宙君、林欣弘、于宜強，
2021:多重尺度災害性天氣預警技術開發，NCDR 109-A15，國家
災害防救科技中心。